

La génesis de los elementos: Polvo de estrellas

Todo lo que nos rodea, incluyendo a los seres humanos, está formado por elementos químicos. Cada uno de estos elementos se generó durante la vida o la muerte de una estrella. Somos polvo de estrellas.

En el interior de las estrellas, que son enormes masas de gases, sobre todo hidrógeno, sometidos a grandes presiones y temperaturas, se producen reacciones termonucleares de fusión de los átomos de hidrógeno que originan los elementos químicos: el helio, el carbono y todos los elementos de la tabla periódica más ligeros que el hierro se han originado por nucleosíntesis estelar.

Los elementos más pesados que el hierro se producen tras la explosión de una supernova.

La presencia de estos elementos en la Tierra indica que hubo una explosión de supernova previa a la formación del Sistema Solar.

Las estrellas, por las reacciones nucleares de fusión, liberan enormes cantidades de energía, como la luz que nosotros podemos ver desde la Tierra; según la edad, cada estrella posee un color determinado: blanco, azul, amarillo, anaranjado, rojo...

Origen y evolución de las estrellas

Interpreta el esquema, lee el texto y realiza las actividades que aparecen al final del mismo

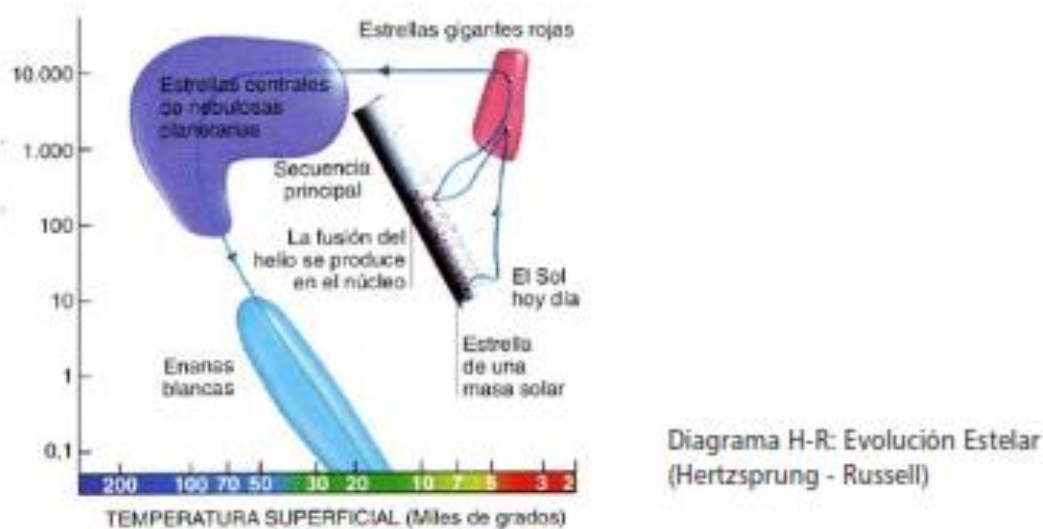


LA MUERTE DE LAS ESTRELLAS ES EL NACIMIENTO DE LOS ÁTOMOS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS.

En las diferentes fases que atraviesa la vida de una estrella se mantiene un delicado equilibrio entre la fuerza gravitatoria y la fuerza expansiva de la fusión termonuclear. Cuando se agota el hidrógeno de la estrella, esta se enfría, se rompe el equilibrio y gana la fuerza gravitatoria. El peso de las capas de gas genera una contracción de la estrella. Se produce un gran aumento de presión y de temperatura, y comienza la fusión del helio, para dar carbono y oxígeno. Esta nueva fuente de energía hace que gane ahora la fuerza de la presión de radiación termonuclear, la estrella se expande hasta más de 300 veces su radio. La estrella se transforma en una gigante roja, como Aldebarán (Tauro), Betelgeuse (Orión) o Antares (Escorpión), cuyo gran núcleo se asemeja a una enorme cebolla. Cada una de sus capas concéntricas alberga un proceso diferente de reacción de fusión termonuclear, que forma un elemento químico distinto de menor a mayor número atómico (H, He, C, O, Ne, Mg, Si, etc.), y que origina en cada fase una nueva expansión hasta que se sintetiza el hierro, el elemento más estable de la naturaleza. Todas estas reacciones de nucleosíntesis estelar desprenden energía, pero la última de ellas,

que da lugar a la síntesis del hierro, no libera energía sino que la consume. Con la fuente de energía desconectada, después de la síntesis del hierro, actúa la componente gravitatoria y la supergigante roja se colapsa, de tal forma que las ondas de choque generadas por esa tremenda implosión rebotan en un núcleo extremadamente denso y se propagan después a gran velocidad, produciendo una tremenda explosión que libera enormes cantidades de energía. Como consecuencia de la implosión, el núcleo de la supergigante roja sufre una compactación extraordinaria que queda convertida, según su masa, en una estrella de neutrones o, si la estrella es muy masiva, en un agujero negro. Si la fase final de la estrella es una explosión o supernova, en su holocausto nuclear se libera tal cantidad de energía, que se siguen fusionando los núcleos atómicos de mayor masa, sintetizándose los elementos químicos más pesados que el hierro. Todos los elementos generados en las estrellas han pasado a los planetas como la Tierra y son los ladrillos de toda la materia ordinaria o visible que existe en el Universo. También existen en el Universo en grandes proporciones la materia oscura y la energía oscura, que no son visibles, pero que se manifiestan o ponen en evidencia indirectamente. La materia oscura se evidencia por sus efectos gravitacionales sobre las galaxias, y la energía oscura por actuar como fuerza repulsiva en contra de la gravedad, contribuyendo a acelerar la expansión del Universo, a que se alejen de nosotros los cúmulos y galaxias.

- Resume el texto resaltando las ideas principales.
- ¿Cuál es el destino final de una estrella cuya masa sea a) menor que la del Sol o b) como la del Sol?
- ¿Cuál es el destino final de una estrella gigante de gran masa?
- ¿Dónde se formaron los elementos más pesados que el hierro? ¿Y los demás elementos?
- ¿Cuáles son las evidencias de la existencia de una enorme cantidad de materia oscura y de energía oscura en el Universo?



El ciclo vital de una estrella

Lee el siguiente texto y realiza las actividades que te proponemos al final del mismo .

Una estrella nace por azar cuando se juntan casualmente fragmentos de materia de las nubes difusas del espacio exterior. Entonces **la gravedad se une al trabajo empezado por azar**. Como todos los objetos, el grumo de materia estelar ejerce una fuerza de gravedad. La gravedad atrae más material al grumo, que, por supuesto, ejerce entonces una fuerza gravitatoria aún mayor. Finalmente la gravedad hace que el grumo, ahora masivo, se contraiga sobre sí mismo. La historia terminaría aquí con un agujero negro, si no fuera por el hecho de que **a medida que el grumo de materia se contrae, el calor y la presión crecen en su centro**. Conforme la temperatura y la presión siguen aumentando, los núcleos se mueven con mayor rapidez hasta que finalmente chocan unos con otros y tiene lugar la **fusión nuclear**. Ahora la presión de la estrella recién formada es capaz de contrarrestar la fuerza de la gravedad. La energía nuclear escapa finalmente de la masa y viaja a través del espacio en forma de radiación electromagnética, por esto es por lo que las vemos brillar.

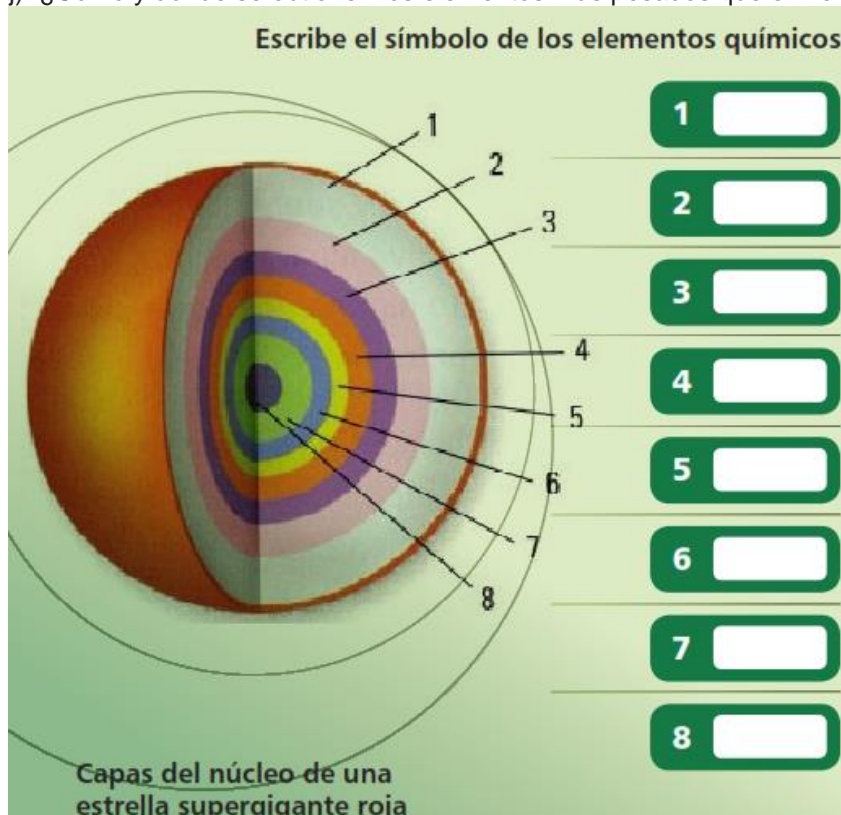
La **gravedad**, que proporciona a una estrella sus comienzos y la mantiene unida, es también su perdición. A lo largo de su **ciclo vital**, la estrella está luchando contra el colapso total con que amenaza la gravedad. Su batalla con la gravedad determina que la estrella pase de una **fase de evolución estelar a otra**. Puesto que estas fases tienen lugar durante muy largos períodos de tiempo, los científicos no pueden observar directamente el cambio de una fase a la siguiente. En su lugar, ellos utilizan la evidencia estadística para determinar la duración de las diferentes fases. En otras palabras, cuanto más numerosas sean las estrellas en una fase concreta, mayor es el período de duración que los científicos suponen para dicha fase. Una vez que una estrella **empieza la fusión nuclear y se estabiliza**, entra en un largo período durante el que se la conoce como una estrella de la **secuencia principal**. **Cuanto más masiva es una estrella**, más combustible debe quemar para contrarrestar la fuerza de la gravedad; así pues, la estrella arde con mayor brillo y **más corto es su período de vida**. Nuestro Sol, que es una estrella de tamaño medio en la secuencia principal, ha estado consumiéndose con mucho brillo durante aproximadamente cinco mil millones de años, y tienen que pasar otros cinco mil millones antes de que necesite comprobar su reserva de combustible.

Cuando una estrella de la secuencia principal empieza a agotar el combustible de su centro, la gravedad hace que la estrella se contraiga de nuevo, y la contracción hace de nuevo que la temperatura aumente. Aunque el combustible del centro se está agotando, las reacciones nucleares tienen ahora lugar en la capa que rodea al núcleo central. Mientras el núcleo central se contrae, las capas externas de la corteza se expanden. A medida que aumenta el tamaño de la estrella, las capas externas se enfrían y **el color de la estrella pasa de amarillo a rojo**. La estrella se denomina ahora una **gigante roja**. Puesto que hay menos estrellas gigantes rojas que estrellas de la secuencia principal, los científicos suponen que su período de vida es más corto.

En algún momento, la gigante roja agota la energía y empieza a contraerse de nuevo. En el caso de las estrellas menos masivas, los electrones del núcleo central alcanzan un punto en el que se niegan a ser comprimidos más aún. La estrella se estabiliza de nuevo: la gravedad tira hacia adentro y los electrones empujan hacia afuera. Aunque no tienen combustible, estas estrellas, que se denominan **enanas blancas**, brillan durante un largo tiempo mientras se enfrían. **Nuestro Sol terminará probablemente como una enana blanca**. En las estrellas más masivas, los electrones del núcleo central no pueden resistir la fuerza de la gravedad. Se ven obligados a unirse con los protones para formar neutrones, y finalmente la estrella se estabiliza como una **estrella de neutrones**. Las estrellas de neutrones son tan densas que una estrella con la masa de nuestro Sol tendría un radio de solo unos diez kilómetros. Si la estrella es todavía más masiva—tan masiva que los neutrones no pueden resistir la fuerza de la gravedad—colapsa totalmente sobre sí misma para convertirse en un **agujero negro**.

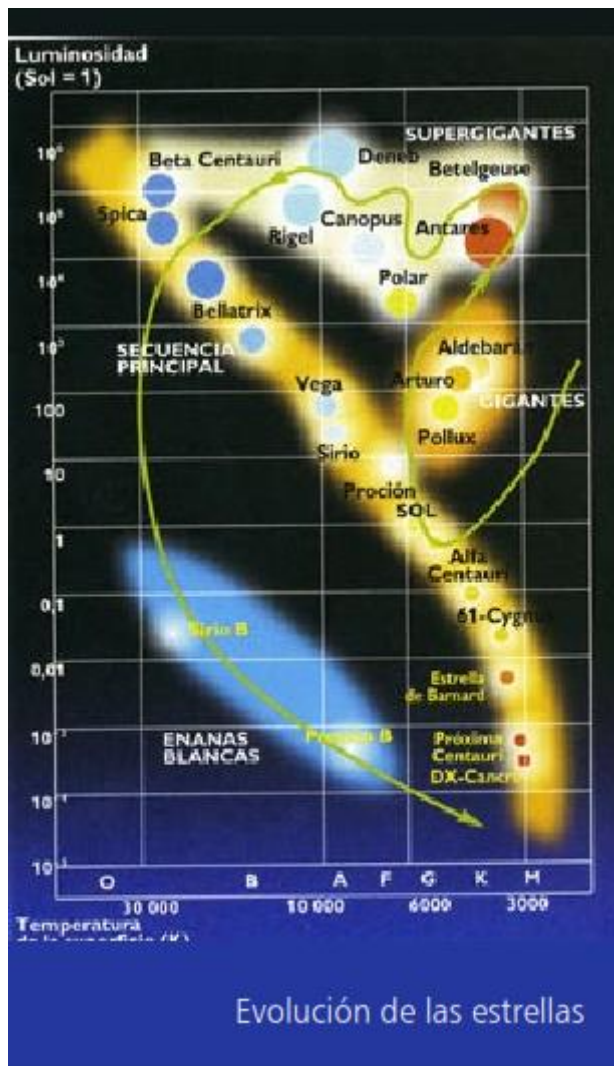
En el caso de **las estrellas más masivas** de todas, las capas exteriores frías se contraen hacia el centro en cuestión de horas y lo calientan tan rápidamente que desencadenan una tremenda explosión nuclear, haciendo estallar la estrella en pedazos. Este suceso, denominado una **supernova**, es bastante raro y ocurre solo dos o tres veces por siglo en cada galaxia. Al cabo de unos pocos días de espectaculares fuegos de artificio, la supernova termina como una estrella de neutrones o como un agujero negro. Pero esto es para una minoría; la mayoría de las estrellas acaban sus días como una **enana blanca**. Cuando la **enana blanca** agote todo el helio, se enfriará originando una estrella de carbono oscura llamada **enana negra**.

- Realiza un resumen del texto resaltando las ideas principales.
- Explica las diferentes fases del ciclo vital de una estrella.
- ¿En qué consisten las reacciones de fusión termonuclear y dónde tienen lugar? ¿Dónde y cómo se forman los elementos más livianos como el H, He, Li, Be, B ó C? ¿Y los más pesados como el oro?
- El Sol es actualmente una estrella enana amarilla. ¿Cuál es su edad actual? ¿Cuánto tiempo más le queda de vida? ¿Cómo terminará previsiblemente su existencia?
- ¿Cuál es el destino final de una estrella gigante de gran masa?
- Explica qué son y cómo se forman una supernova, una estrella de neutrones y un agujero negro.
- Indica las diferencias entre las reacciones nucleares de fusión y las de fisión.
- Busca información sobre las reacciones de fusión y escribe la reacción nuclear de formación del helio (He) a partir de los isótopos de los átomos de hidrógeno (protio, deuterio y tritio).
- Escribe algunas reacciones nucleares de fusión que conduzcan a la formación de átomos de carbono y de oxígeno a partir de la fusión de átomos más livianos.
- ¿Cómo y dónde se obtienen los elementos más pesados que el hierro?

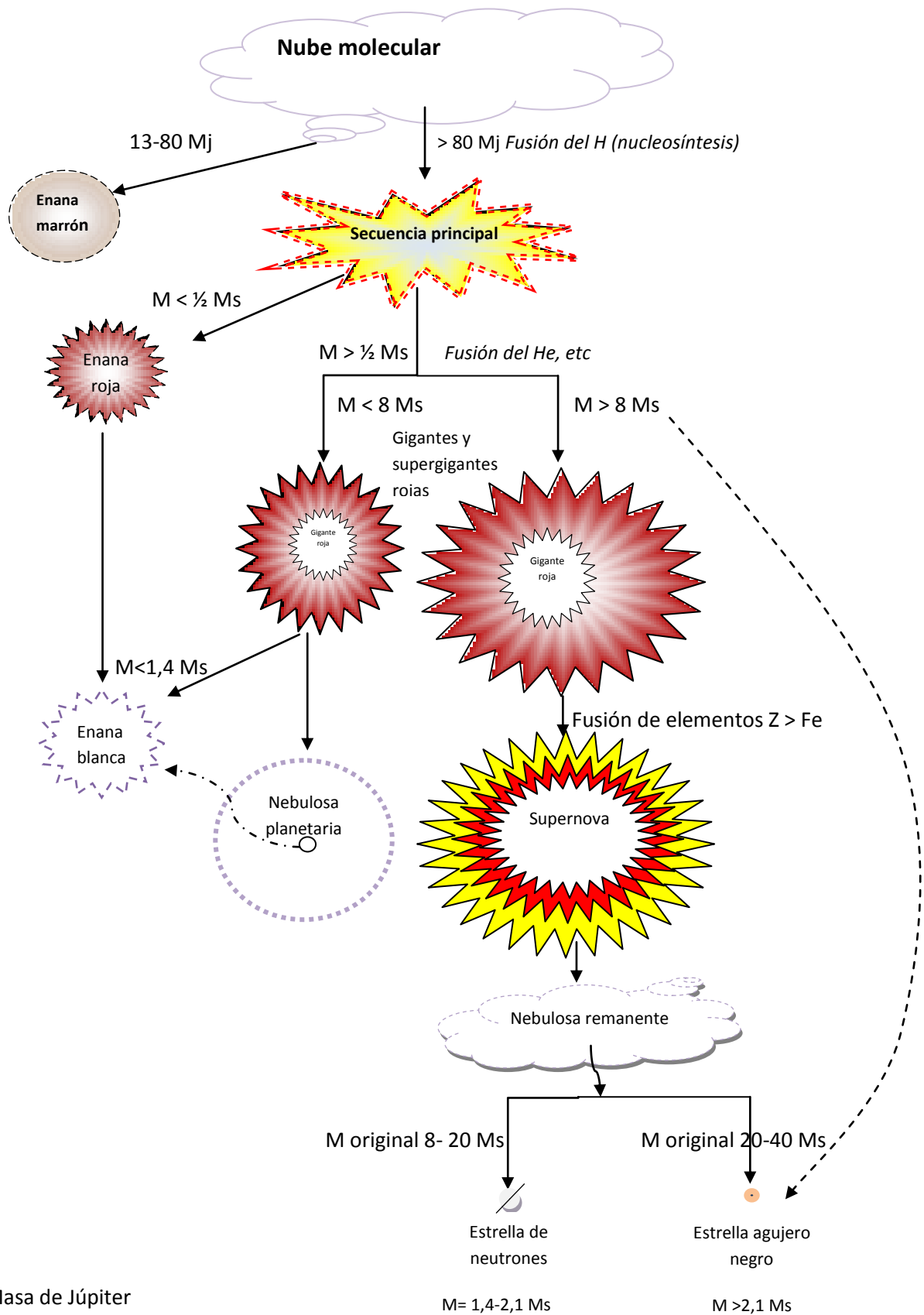


- ¿Por qué se dice que los seres humanos somos polvo de estrellas?
- Una estrella de unas diez masas solares, al consumir más hidrógeno, libera más energía (estrella azul), pero con la desaparición del hidrógeno se pierde masa, lo que provoca una disminución de la componente gravitatoria y un aumento de la componente expansiva; la superficie de la esfera aumenta de tamaño y se convierte en supergigante roja, en cuyo gran núcleo se va produciendo en capas concéntricas la nucleosíntesis estelar de los elementos hasta llegar en su centro al hierro; se acaba la fuerza nuclear y se

colapsa gravitatoriamente en una explosión de supernova. Escribe el nombre del elemento químico que se sintetiza en cada una de las capas del núcleo de esta estrella supergigante roja.



Nacimiento y evolución de las estrellas



M_J : Masa de Júpiter

M_{\odot} : Masa solar